

УДК 629.73.017(075.8)

## ПРИНЦИПЫ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА АЭРОДРОМНЫХ СРЕДСТВ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ

А.В. ПРОХОРОВ, Д.С. БОНДАРЬ

Рассматриваются вопросы, связанные с разработкой системы технического обслуживания и ремонта (ТОиР) средств управления воздушным движением.

**Ключевые слова:** системы управления воздушным движением, радиотехническое оборудование, техническое обслуживание и ремонт.

В настоящее время весь комплекс радиотехнического и светотехнического оборудования, обеспечивающего привод, заход на посадку и посадку воздушных судов на аэродромы гражданской авиации, разрабатывается как единая автоматизированная система управления. При разработке систем управления возникает задача обеспечения централизованного автоматизированного контроля ТС объектов радиотехнического и электросветотехнического обеспечения, а также проведения их ТОиР. Наблюдается тенденция перехода к «безлюдной» технологии эксплуатации. Одновременно с созданием и совершенствованием автоматизированных аэродромных комплексов управления полетами целесообразно рассмотреть вопрос разработки системы ТОиР радиотехнического и светотехнического аэродромного оборудования [1].

Технические средства, входящие в состав аэродромных систем и комплексов, предназначены для длительной эксплуатации при соблюдении заданных документацией условий и своевременного проведения технического обслуживания этих средств. Конкретное содержание работ, выполняемых при каждом виде технического обслуживания, определяется эксплуатационной документацией.

Установленный в настоящее время порядок автономного проведения технического обслуживания силами инженерно-технического персонала в целом достаточно эффективен при проведении ТОиР малой периодичности. Применительно к сложным видам ТОиР концепция «автономного технического обслуживания» приводит к дополнительным затратам за счет накопления избыточных запасов средств измерений по причине их дублирования, а также, как правило, требует специальных приспособлений или средств имитационно-стендового оборудования для каждого конкретного комплекса. Вследствие конечной надежности элементной базы электронных средств при их эксплуатации формируют поток отказов элементов, блоков, устройств и комплексов в целом, что приводит к необходимости их оперативного отыскания и устранения. В связи с растущей сложностью техники её полноценный ремонт вне заводских условий зачастую практически невозможен.

При этом необходимо использовать возможности систем встроенного контроля РЭС и комплексов для своевременной диагностики неисправностей, что позволит повысить эффективность работы служб ТОиР, структура ее программного обеспечения дана на рис. 1.

При планировании ТОиР формируется программа эксплуатации средств и комплексов системы, под которой понимают совокупность взаимосвязанных по месту, времени и содержанию работ, обеспечивающих хранение, транспортировку и поддержание системы в заданном состоянии для применения ее по назначению. Оптимальная программа эксплуатации заключается в обеспечении наилучшего применения системы по назначению при выполнении обслуживающим персоналом фиксированного объема работ во время ее эксплуатации. Для создания оптимальных программ эксплуатации применяют современные математические методы и вычислительные средства. Оптимальные программы эксплуатации, по существу, являются оптимальными программами управления в общей постановке задачи управления.

Управляющее воздействие на эксплуатируемую систему должно осуществляться в соответствии с программой эксплуатации или в виде «позиционной стратегии», соответствующей управ-

лению состоянием системы по принципу обратной связи, когда управляющее воздействие формируется на основании информации о состоянии системы, которая становится известной при измерении параметров ее состояния в процессе эксплуатации (управление по состоянию). Модели, лежащие в основе определения программ эксплуатации системы, требуют полной информации о надежности и ремонтпригодности комплексов и средств, о статистике случайных процессов изменения их параметров, о накоплении нарушений и др.

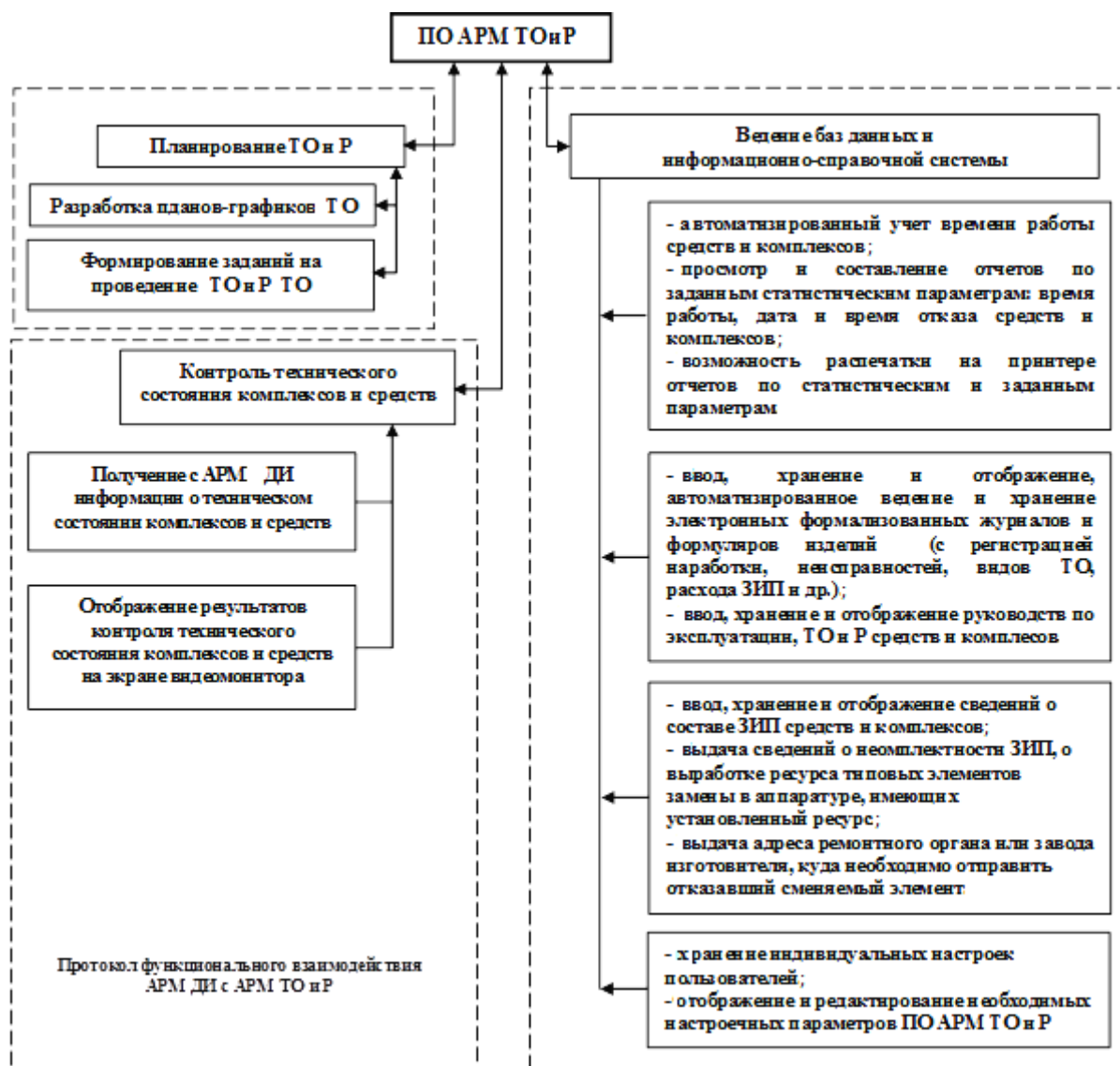


Рис. 1. Структура программного обеспечения системы ТОиР

Развитие автоматических и автоматизированных устройств количественного контроля состояния технических систем и создание математических моделей обработки измеряемой информации для оперативной выдачи рекомендаций персоналу по обслуживанию системы обусловили особое внимание к эксплуатации по состоянию. Это объясняется тем, что в этом случае используется более глубокая количественная информация о ТС системы по сравнению с информацией только о моментах отказов системы, которая берется за основу при организации эксплуатации по первому из упомянутых выше способов.

Рассмотрим общую схему, которой можно описать большинство математических моделей ТО сложной системы. Пусть в дискретные моменты времени наблюдается векторный случайный процесс  $Z(t)=X(t)+N(t)$  с известными статистическими характеристиками составляющих

$\mathbf{X}(t)$  и  $\mathbf{N}(t)$ , где  $\mathbf{X}(t)$  - вектор состояния (характеризуемый, например, набором выходных контролируемых параметров) сложной системы, контролируемой идеальными техническими средствами;  $\mathbf{N}(t)$  - аддитивный вектор ошибок измерений (как правило, это гауссовский случайный процесс). Обозначим через  $\mathbf{R}(t)$  векторную неслучайную функцию, имеющую ту же размерность, что и  $\mathbf{Z}(t)$ , и являющуюся дискретно наблюдаемыми реализациями (траекториями) вектора  $\mathbf{Z}(t)$  потерь  $\Phi\{\mathbf{R}(t)\}$ , которые определяются как потери на управление процессом  $\mathbf{Z}(t)$  для удержания его в заданной области  $\mathbf{D}(t)$ . Физически функционал  $\Phi\{\mathbf{R}(t)\}$  означает потери времени или стоимости на техническое обслуживание сложной системы в процессе ее эксплуатации, а область  $\mathbf{D}(t)$  - эксплуатационные допуски на все контролируемые параметры системы.

Обозначим через  $\delta_{ii}(\mathbf{Z}_{ii})$ ,  $t = 0, 1, 2, \dots$  решение на управление процессом  $\mathbf{Z}(t_i)$  в момент  $t_i$ . Назовем набор  $\delta_T(\mathbf{Z}_T) = \{\delta_1(\mathbf{Z}_1), \delta_2(\mathbf{Z}_2), \dots, \delta_k(\mathbf{Z}_k = \mathbf{Z}_T)\}$  стратегией управления на периоде  $(0, T)$ , где  $T$  - период эксплуатации сложной системы. Физически стратегия  $\delta_T(\mathbf{Z}_T)$  означает все воздействия, которым подвергается сложная система в процессе эксплуатации (регулировка, замена блоков системы и т.п.). Задача состоит в выборе стратегии управления  $\delta_T(\mathbf{Z}_T) = \delta^*_T(\mathbf{Z}_T)$ , минимизирующей математическое ожидание функционала потерь  $\min M[\Phi\{\mathbf{R}(t)\}]$  на периоде  $(0, T)$ . Рассматривая  $\min M[\Phi\{\mathbf{R}(t)\}]$  как показатель затрат на эксплуатацию системы [2], получаем однородную и марковскую оптимальную стратегию управления состоянием системы.

При организации эксплуатации системы по состоянию возникают следующие задачи: 1) выбор минимально необходимого числа контролируемых параметров, несущих достаточную информацию о состоянии системы в любой момент времени; 2) обоснование допустимых областей изменения выбранных для контроля параметров; 3) разработка алгоритмов математического обеспечения для обоснования программ эксплуатации по состоянию; 4) создание технических средств контроля и диагностики (обеспечивающих высокую точность измерения параметров в пределах допустимых областей изменения и определение места неисправности), регистрации и оперативной обработки измеряемой информации. Решение данных задач является актуальной прикладной задачей и позволит повысить эффективность работы служб ТОиР при эксплуатации аэродромных комплексов и средств управления, радиотехнического и светотехнического оборудования.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 18322-78. Система технического обслуживания и ремонта техники. – Введ. 1980-01-01. Издание (декабрь 2007 г.) с Изменениями №1, 2.
2. Ширяев А.Н. Статистический последовательный анализ. - М.: Наука, 1976.
3. Дружинин Г.В. Процессы технического обслуживания автоматизированных систем. - М.: Энергия, 1973.

#### PRINCIPLES OF DEVELOPMENT OF THE SYSTEM OF MAINTENANCE AND REPAIR OF TERMINAL FACILITIES OF AIR TRAFFIC CONTROL

Prokhorov A.V., Bondar' D.S.

This article describes the questions connected with development of the system of maintenance and repair of terminal facilities of air traffic control.

**Keywords:** air traffic control system, radio-technical equipment, maintenance and repair.

#### Сведения об авторах

**Прохоров Александр Валентинович**, 1946 г.р., окончил РРТИ (1969), доктор технических наук, действительный член Российской академии транспорта, профессор кафедры технической эксплуатации радиоэлектронных систем воздушного транспорта МГТУ ГА, автор более 100 научных работ, область научных интересов – радиотехнические системы УВД, техническая эксплуатация воздушного транспорта, проблемы международного образования.

**Бондарь Дмитрий Сергеевич**, 1986 г.р., окончил МГТУ им. Н.Э. Баумана (2009), ведущий инженер ОАО «НПО «ЛЭМЗ», автор 2 научных работ, область научных интересов – системы УВД.